

Evaluasi Metode Histogram Ambang Tunggal dan Jamak Berbasis Nilai Median

Dyah S. Rahayu, Arya Y. Wijaya dan Rully Soelaiman

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: arya@if.its.ac.id

Abstrak— Proses pengolahan citra merupakan tahapan penting dalam proses ekstraksi informasi dari sebuah citra. Salah satu tahapan awal dalam proses pengolahan citra adalah segmentasi dimana cara yang paling sederhana untuk melakukan segmentasi adalah dengan memilih ambang histogram, baik ambang tunggal maupun jamak. Metode ambang histogram baik ambang tunggal dan ambang jamak yang ada saat ini belum mampu memilih ambang dengan tepat ketika histogram yang terbentuk asimetris, *heavy tailed*, atau memiliki tingkat kemencengan yang tinggi. Metode Median-based Otsu dan Median-based Minimum Error Thresholding (MET) merupakan pengembangan dari metode Otsu dan MET yang diklaim dapat melakukan pemilihan ambang tunggal dan ambang jamak dari histogram citra dengan baik. Makalah ini bertujuan untuk melakukan pengamatan terhadap karakteristik dan kinerja kedua metode tersebut dalam melakukan pemilihan ambang. Kinerja metode diukur dengan menghitung nilai *Missclassification Error* (ME) atau tingkat kesalahan klasifikasi. Pada uji coba yang dilakukan terhadap data unimodal, diketahui bahwa karakteristik kedua metode tersebut berbeda. Metode Median-based Otsu memotong pada puncak histogram sedangkan Median-based MET memotong pada awal atau akhir histogram. Berdasarkan serangkaian uji coba terhadap data sintesis, diketahui bahwa metode Median-based MET memiliki kinerja yang lebih baik dibanding Median-based Otsu pada data dengan lembah yang jelas dengan selisih nilai kesalahan klasifikasi 22%.

Kata Kunci— ambang, histogram, median, multilevel.

I. PENDAHULUAN

PROSES pengolahan citra merupakan bagian penting dari tahap ekstraksi informasi dari suatu citra. Proses pengolahan citra yang umum digunakan adalah proses segmentasi. Citra terdiferensiasi antara obyek dan latar atau benda-benda lain selain obyek adalah hasil dari proses segmentasi. Proses segmentasi yang paling sederhana adalah proses *thresholding* atau proses pemilihan ambang. Nilai ambang yang didapatkan menentukan keberhasilan proses segmentasi, yang berarti pula menentukan keberhasilan proses pengolahan citra pada tahap selanjutnya. Metode yang paling umum dalam pemilihan ambang adalah dengan cara menganalisis histogram intensitas citranya.

Banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk menemukan metode *thresholding* yang efektif dari segi akurasi. Diantara metode yang telah ditemukan dan diusulkan sampai saat ini, metode yang paling banyak digunakan pada aplikasi *thresholding* adalah metode Otsu [1]

dan metode Minimum Error Thresholding (MET)[2]. Kedua metode pemilihan ambang tersebut menggunakan nilai rata-rata dan nilai standar deviasi untuk memperkirakan nilai ambang yang optimal dan persebaran intensitas suatu citra.

Penggunaan nilai rata-rata sebagai dasar pemilihan nilai ambang memiliki kekurangan, yaitu nilai ini tidak dapat memisahkan histogram dengan benar ketika histogram yang terbentuk asimetris, *heavy tailed* atau memiliki tingkat kemencengan yang tinggi. Metode yang memanfaatkan nilai *mean absolute deviation* (MAD) dari nilai median pada umumnya digunakan untuk menentukan nilai ambang dengan karakteristik tersebut. Penggunaan nilai MAD yang diterapkan pada metode Otsu dan Minimum Error Thresholding diharapkan mampu memilih nilai ambang yang lebih baik. Pengembangan metode ini telah diusulkan oleh Jing-Hao disebut dengan Median-based Otsu dan Median-based Minimum Error Thresholding[3].

Seiring dengan kebutuhan pengolahan citra yang semakin beragam, metode pemilihan ambang pun berkembang tidak hanya untuk ambang tunggal namun juga untuk ambang jamak. Metode Median-based Otsu dan Median-based MET juga telah dikembangkan sehingga dapat menangani pemilihan ambang jamak.

Melihat pentingnya metode pemilihan ambang dalam pengolahan citra serta adanya klaim bahwa metode Median-based Otsu dan Median-based MET memiliki kinerja yang baik maka diperlukan pengamatan dan evaluasi terhadap karakteristik dan kinerja kedua metode tersebut.

II. METODE PEMILIHAN AMBANG BERBASIS NILAI MEDIAN

A. Median-based Otsu

Metode Median-based Otsu merupakan modifikasi dari metode Otsu. Metode ini cukup sederhana sama halnya dengan metode Otsu. Jika pada metode Otsu digunakan nilai rata-rata dan standar deviasi, maka pada metode Median-based Otsu digunakan nilai MAD dari nilai mediannya.

L didefinisikan sebagai intensitas terbesar atau jumlah tingkat keabuan dikurangi satu yaitu 255 sehingga derajat keabuan berada dalam range 0 sampai L . Pada (1), n_i didefinisikan sebagai jumlah piksel yang mempunyai derajat keabuan i dimana i bernilai 0 sampai L . Jumlah keseluruhan piksel didefinisikan dengan N yang didapatkan dengan menjumlahkan n_0 sampai n_L . Jumlah piksel ini kemudian disajikan dalam bentuk probabilitas yang dihitung dengan (2).

$$n_i = \sum i, \quad (1)$$

$$p_i = n_i / N, \quad (2)$$

Didefinisikan terdapat C buah kelas dengan jumlah ambang T dimana $T = C-1$, maka ambang $t^* = [t_1, \dots, t_{C-1}]$ dimana $0 \leq t_1 < t_2 < t_{C-1} \leq L$. Didefinisikan pula anggota masing-masing kelas, $C_1 = [0, \dots, t_1]$, $C_2 = [t_1+1, \dots, t_2]$ dan seterusnya sampai kelas terakhir C_C yaitu $[t_{C-1}+1, \dots, L]$. Probabilitas masing-masing kelas didapatkan dengan (3). Probabilitas kelas pertama adalah penjumlahan dari probabilitas intensitas 0 sampai ambang yang pertama, probabilitas kelas kedua sampai kelas $(C-1)$ adalah penjumlahan dari probabilitas intensitas setelah ambang kelas sebelumnya sampai ambang kelasnya, dan probabilitas terakhir yaitu penjumlahan dari probabilitas intensitas setelah ambang yang terakhir sampai 255.

$$\begin{aligned} \omega_c &= \sum_{i=0}^{t_c} p_i \quad \text{untuk } c = 1, \\ \omega_c &= \sum_{i=t_{c-1}+1}^{t_c} p_i \quad \text{untuk } 1 < c < C, \\ \omega_c &= \sum_{i=t_{C-1}+1}^L p_i \quad \text{untuk } c = C, \end{aligned} \quad (3)$$

Nilai MAD adalah nilai ketersebaran rata-rata anggota kelas dari nilai median kelasnya yang dihitung dengan menjumlahkan hasil dari selisih median dengan intensitas dikalikan jumlah intensitas dan dibagi dengan probabilitas kelasnya. Nilai MAD diformulasikan dengan (4) dimana $median_c$ adalah nilai median kelas c , ω_c adalah probabilitas kelas c , dan n_i adalah jumlah intensitas i pada citra.

$$\begin{aligned} MAD_c &= \sum_{i=0}^{t_c} \left\{ \frac{n_i}{\omega_c} |i - median_c| \right\} \quad \text{untuk } c=1, \\ MAD_c &= \sum_{i=t_{c-1}+1}^{t_c} \left\{ \frac{n_i}{\omega_c} |i - median_c| \right\} \quad \text{untuk } 1 < c < C, \\ MAD_c &= \sum_{i=t_{C-1}+1}^L \left\{ \frac{n_i}{\omega_c} |i - median_c| \right\}, \quad \text{untuk } c = C \end{aligned} \quad (4)$$

Perhitungan yang digunakan pada metode ini secara umum sama dengan perhitungan pada metode Otsu. Perbedaan yang ada yaitu pada kriteria yang digunakan. Jika pada metode Otsu digunakan kriteria variansi intra kelas dan variansi antar kelas, metode ini menggunakan kriteria modifikasi-variansi intra kelas seperti yang dituliskan pada (5). Karena modifikasi variansi intra-kelas ini merupakan representasi dari variansi anggota di dalam kelas maka untuk mendapatkan ambang optimum diperlukan nilai modifikasi-variansi intra kelas yang minimum. Kriteria ini dituliskan pada (5) dimana nilai ambang dicari mulai dari 0 sampai 255.

$$m - \sigma_{\text{int ra-kelas}} = \sum_{c=1}^C \omega_c MAD_c \quad (5)$$

$$t_1^*, t_2^*, \dots, t_C^* = \min_t \{m - \sigma_{\text{int ra-kelas}}(t_1, t_2, \dots, t_C)\} \quad (6)$$

B. Median-based MET

Median-based MET merupakan modifikasi dari metode MET. Jika metode MET yang diusulkan oleh Kittler dan Illingworth[2] menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi, metode median-based MET yang diusulkan oleh Jing-Hao[3] menggunakan nilai median dan MAD dari mediannya untuk mengukur ketersebaran data. Metode MET yang diacu merupakan bentuk penyederhanaan dari metode MET yang asli. Formula yang telah disederhanakan ini kemudian dimodifikasi sehingga nilai standar deviasi digantikan dengan nilai MAD dari nilai median. Nilai MAD dihitung dengan (4). Nilai kriteria optimasi untuk proses pemilihan ambang tunggal yang digunakan pada metode Median-based MET dihitung dengan (7) dan (8).

$$J(t_1, t_2, \dots, t_C) = \sum_{c=1}^C \omega_c \log \frac{MAD_c}{\omega_c} \quad (7)$$

$$t_1^*, t_2^*, \dots, t_C^* = \min_t \{J(t_1, t_2, \dots, t_C)\} \quad (8)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Efisiensi Waktu Komputasi

Untuk menghemat waktu komputasi pada implementasi kedua metode digunakan teknik penyimpanan nilai variabel pada *look-up table* [4], [5], [6]. Teknik tersebut sangat berguna khususnya untuk ambang jamak dikarenakan banyaknya perhitungan yang berulang untuk mendapatkan nilai variabel yang sama. Nilai variabel yang disimpan dalam *look-up table* adalah nilai probabilitas, nilai median, dan nilai MAD untuk tiap kemungkinan kelas yang terbentuk dari pasangan ambang. *Look-up table* yang digunakan pada implementasi ini berukuran 256 x 256.

B. Pengamatan Karakteristik dan Pengukuran Kinerja Metode

Terdapat 2 jenis uji coba yang dilakukan yaitu dengan data sintetis dan data riil berupa citra aras keabuan (*grayscale*), baik menggunakan ambang tunggal maupun ambang jamak. Pengukuran kinerja yang digunakan mengacu pada [7] yaitu menggunakan kriteria kesalahan klasifikasi yang disebut *Misclassification Error* (ME). Perhitungan nilai ME didapatkan dengan (9) dimana B_g dan F_g adalah *background* dan *foreground ground truth* sedangkan B_t dan F_t adalah *background* dan *foreground* hasil. Untuk ambang jamak, persamaan tersebut dimodifikasi sehingga dapat mengukur kinerja untuk jumlah kelas lebih dari 2.

$$ME = 1 - \frac{|B_g \cap B_t| + |F_g \cap F_t|}{|B_g| + |F_t|} \quad (9)$$

Data sintetis dibuat dengan melakukan penskalaan terhadap hasil generate random distribusi normal. Banyak data yang digunakan sejumlah 10 data unimodal, 50 data sintetis yang membentuk histogram simetris, dan 90 data membentuk histogram asimetris masing-masing dengan berbagai jumlah

Tabel 1.
Rata-rata ME Metode Median-based Otsu dan Median-based MET
Ambang Jamak Terhadap Data Berhistogram Simetris

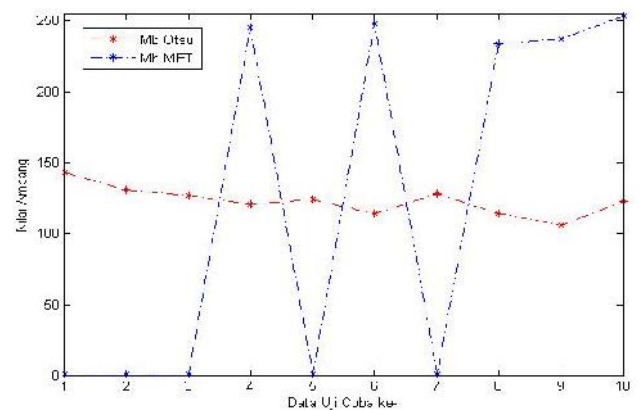
No.	Jenis Data	Banyak Ambang	Rata-rata ME (%)	
			Mb Otsu	Mb MET
1.	Trimodal	2	0,11	0,19
2.	Quartmodal	3	0,00	0,00
3.	Quintmodal	4	0,08	0,10
4.	Sextmodal	5	0,61	0,70

Tabel 2.
Rata-rata ME Metode Median-based Otsu dan Median-based MET
Ambang Jamak Terhadap Data Berhistogram Asimetris

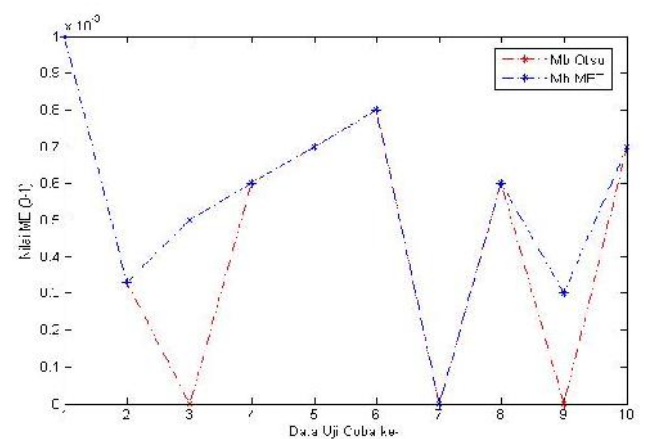
No.	Jenis Data	Banyak Ambang	Rata-rata ME (%)	
			Mb Otsu	Mb MET
1.	Trimodal	2	09,28	0,28
2.	Quartmodal	3	27,26	0,31
3.	Quintmodal	4	33,28	0,41
4.	Sextmodal	5	36,44	16,29

dan jenis modal.

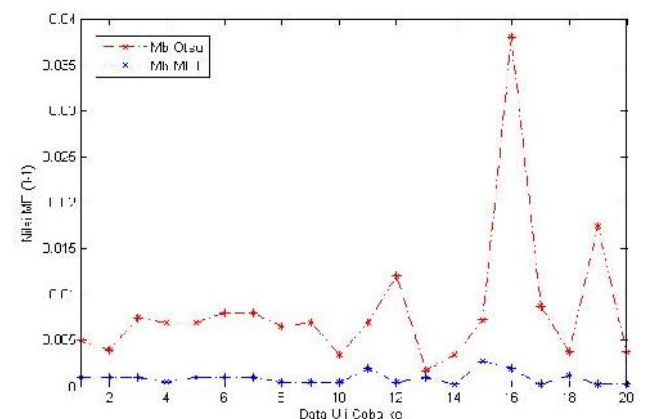
Uji coba pemilihan ambang tunggal dengan data sintetis unimodal dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik masing-masing metode. Grafik nilai ambang yang diperoleh dari kedua metode ditampilkan pada Gambar 1. Grafik tersebut menunjukkan kecenderungan yang berbeda antara kedua metode. Metode Median-based Otsu cenderung menghasilkan ambang di tengah histogram, sedangkan metode Median-based MET menghasilkan ambang di awal atau akhir histogram. Nilai ME yang dihasilkan kedua metode dengan ambang tunggal pada data bimodal simetris ditampilkan pada Gambar 2. Dari gambar tersebut diketahui uji coba ambang tunggal pada data sintetis bimodal simetris menghasilkan nilai rata-rata ME yang relative kecil baik Median-based Otsu maupun Median-based MET yaitu kurang dari 0,1%. Sedangkan rata-rata nilai ME untuk ambang tunggal pada data asimetris 0,83% untuk Median-based Otsu dan 0,09% untuk Median-based MET dengan rincian grafik yang ditampilkan pada Gambar 3. Kinerja metode Median-based Otsu kurang optimal dikarenakan kecenderungan metode untuk memilih ambang pada distribusi dengan probabilitas dan standar deviasi yang besar. Kinerja metode Median-based Otsu dan Median-based MET dengan ambang jamak untuk data sintetis berhistogram simetris menunjukkan hasil yang baik dimana nilai ME yang dihasilkan dirangkum pada Tabel 1. Sedangkan untuk data asimetris, metode Median-based Otsu kurang optimal dibandingkan Median-based MET. Kecenderungan metode Median-based Otsu seperti yang telah dijelaskan sebelumnya menjadikan pemilihan ambang yang kurang tepat pada beberapa data uji coba. Nilai ME untuk kedua metode dengan data uji coba berhistogram asimetris dirangkum pada Tabel 2.



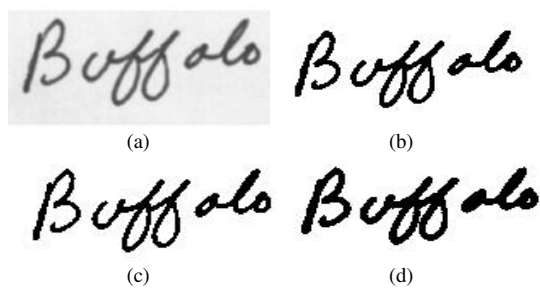
Gambar 1. Nilai ambang metode Median-based Otsu dan Median-based MET dari sepuluh ujicoba pada data sintetis unimodal.



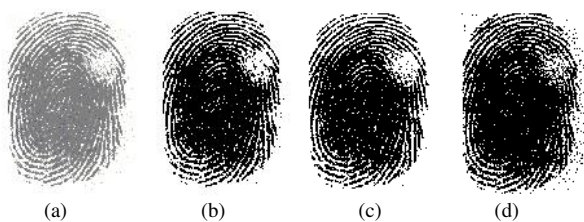
Gambar 2. Nilai ME metode Median-based Otsu dan Median-based MET dari 20 ujicoba pada data sintetis bimodal simetris



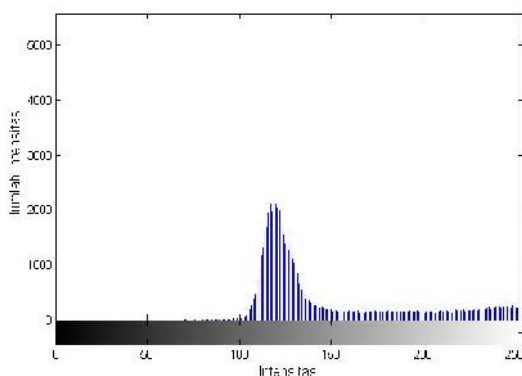
Gambar 3. Nilai ME metode Median-based Otsu dan Median-based MET dari 20 ujicoba pada data sintetis bimodal asimetris



Gambar 4. Citra Tulisan Tangan Database CEDAR (a)Citra Asli (b)*Ground truth* (c)Hasil Metode Median-based Otsu (d)Hasil metode Median-based MET

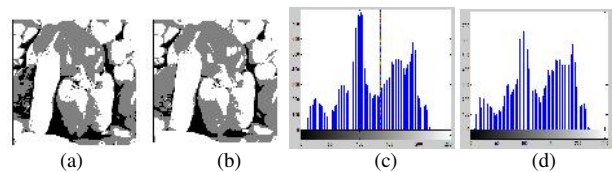


Gambar 5. Citra Sidik Jari Database FCV2000 (a)Citra Asli (b)*Ground truth* (c)Hasil Metode Median-based Otsu (d)Hasil metode Median-based MET

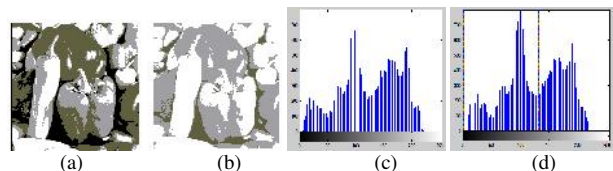


Gambar 6. Contoh Histogram yang Terbentuk dari Citra Sidik Jari Database FCV2000

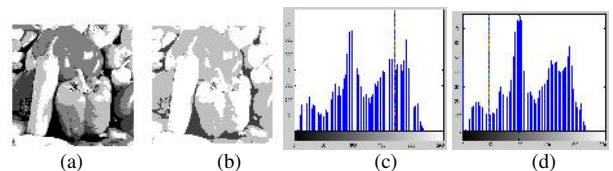
Uji coba dengan data riil untuk ambang tunggal pada penelitian ini menggunakan 27 citra tulisan tangan database CEDAR, dan 40 citra sidik jari database FCV2000. Salah satu uji coba dengan database CEDAR dapat diamati pada Gambar 4. Gambar 4(a) adalah citra asli sebagai citra masukan sistem. Gambar 4(b) adalah citra *ground truth* dengan nilai ambang yang ditentukan secara visual. Gambar 4(c) adalah citra hasil *thresholding* dengan metode Median-based Otsu, sedangkan Gambar 4(d) adalah citra hasil *thresholding* metode Median-based MET. Nilai rata-rata ME dari 27 citra database CEDAR yang dihasilkan oleh metode Median-based Otsu adalah sebesar 1,55% dan untuk Median-based MET sebesar 4,44%. Nilai kesalahan klasifikasi metode Median-based MET lebih besar dibanding Median-based Otsu namun dapat disimpulkan kinerja kedua metode cukup optimal dalam melakukan pemilihan ambang tunggal. Uji coba selanjutnya adalah uji coba terhadap 40 citra database FCV2000 dimana salah satu



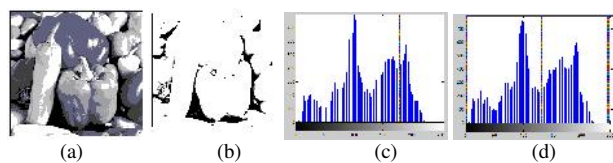
Gambar 7. Citra Peppers dengan 2 Ambang (a) Hasil Metode Median-based Otsu dengan Nilai Ambang 66 dan 135 (b) Hasil Metode Median-based MET dengan Nilai Ambang 48 dan 132 (c) Histogram Hasil Metode Median-based Otsu (d) Histogram Hasil Metode Metode Median-based MET



Gambar 8. Citra Peppers dengan 3 Ambang (a) Hasil Metode Median-based Otsu dengan Nilai Ambang 66, 125 dan 171 (b) Hasil Metode Median-based MET dengan Nilai Ambang 2, 46 dan 132 (c) Histogram Hasil Metode Median-based Otsu (d) Histogram Hasil Metode Metode Median-based MET



Gambar 9. Citra Peppers dengan 4 Ambang (a) Hasil Metode Median-based Otsu dengan Nilai Ambang 49, 87, 129, dan 172 (b) Hasil Metode Median-based MET dengan Nilai Ambang 2, 45, 47 dan 132 (c) Histogram Hasil Metode Median-based Otsu (d) Histogram Hasil Metode Metode Median-based MET



Gambar 10. Citra Peppers dengan 5 Ambang (a) Hasil Metode Median-based Otsu dengan Nilai Ambang 48, 86, 121, 152, dan 172 (b) Hasil Metode Median-based MET dengan Nilai Ambang 2, 46, 132, 246 dan 248 (c) Histogram Hasil Metode Median-based Otsu (d) Histogram Hasil Metode Metode Median-based MET

contoh uji coba ditampilkan pada Gambar 5. Gambar 5(a) merupakan citra asli yang digunakan sebagai masukan sistem. Gambar 5(b) adalah citra *ground truth*. Gambar 5(c) dan Gambar 5(d) berturut-turut adalah citra hasil *thresholding* dengan metode Median-based Otsu dan metode Median-based MET. Pada database FCV2000, nilai rata-rata ME Median-based Otsu sebesar 1,58% sedangkan Median-based MET sebesar 9,81%. Besarnya nilai ME metode Median-based MET dikarenakan tipe histogram citra sidik jari berbentuk unimodal seperti yang ditampilkan pada Gambar 6. Pada jenis histogram ini, karakteristik kedua metode telah diteliti pada uji coba sebelumnya. Metode Median-based Otsu akan memilih ambang ditengah histogram, sedangkan metode Median-based MET dekat dengan awal atau akhir histogram.

Uji coba dengan data riil untuk ambang jamak menggunakan 6 buah citra yang bisa didapatkan secara bebas. Citra tersebut adalah lena, peppers, girlface, barbara,

cameraman, dan house. Masing-masing citra diujicobakan pada kedua metode dengan banyak ambang 2, 3, 4, dan 5. Karena tidak terdapat *ground truth* untuk citra tersebut maka kinerja metode dianalisis secara kualitatif berdasarkan visualisasi histogram dan ambang optimal yang terpilih. Hasil kedua metode dengan ambang jamak dapat dilihat pada Gambar 7 sampai Gambar 10 masing-masing dengan jumlah ambang yang berbeda. Gambar 7 adalah citra peppers dengan banyak ambang 2. Gambar 8 adalah citra peppers dengan banyak ambang 3. Gambar 9 adalah citra peppers dengan banyak ambang 4. Gambar 10 adalah citra peppers dengan banyak ambang 5. Masing-masing gambar menampilkan citra hasil *thresholding* dengan metode Median-based Otsu pada bagian (a) dan citra hasil *thresholding* dengan Median-based MET pada bagian (b). Sedangkan pada bagian (c) dan (d) adalah gambar histogram berserta letak ambang masing-masing metode. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap visualisasi histogram dan letak ambang optimal metode Median-based Otsu, metode tersebut memilih ambang pada puncak atau dekat dengan puncak jika tidak lagi ditemukan lembah. Sebaliknya metode Median-based MET memilih ambang dekat dengan awal atau akhir histogram jika tidak lagi ditemukan lembah. Metode Median-based MET tidak mampu mengenali lembah jika salah satu distribusi yang terbentuk memiliki probabilitas kelas dan standar deviasi yang relative kecil. Distribusi dengan karakteristik tersebut dikenali sebagai satu buah distribusi yang sama dengan distribusi yang ada di salah satu sisinya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan sejumlah uji coba yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

- 1) Metode Median-based Otsu dan Median-based MET dapat melakukan pemisahan distribusi yang simetris, baik dengan ambang tunggal maupun ambang jamak secara baik dengan rata-rata nilai ME kurang dari 1%.
- 2) Metode Median-based Otsu menghasilkan ambang kurang optimal pada data berhistogram asimetris karena memiliki kecenderungan menempatkan ambang pada distribusi dengan probabilitas dan standar deviasi yang besar dengan nilai rata-rata ME sebesar 25%.
- 3) Metode Median-based MET menghasilkan ambang optimal pada data berhistogram asimetris karena memiliki kecenderungan menempatkan ambang pada lembah terendah dengan nilai rata-rata ME sebesar 3%.
- 4) Metode Median-based Otsu dan Median-based MET dapat melakukan pemilihan ambang tunggal pada citra dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil yaitu sebesar 7%.
- 5) Metode Median-based Otsu menghasilkan ambang optimal pada kondisi histogram dengan lembah landai dan rata-rata distribusi kelas yang merata, sedangkan metode Median-based MET menghasilkan ambang optimal pada kondisi histogram dengan lembah yang curam.

Untuk pengembangan lebih lanjut, diperlukan sebuah metode yang dapat menentukan jumlah ambang secara otomatis berdasarkan histogram citra yang terbentuk.

Diperlukan pula efisiensi perhitungan metode ambang histogram berbasis nilai median ini sehingga waktu komputasi untuk ambang jamak dapat direduksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis D.R. mengucapkan terima kasih kepada PT. Pelindo III yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa tahun 2008-2011.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Otsu, *A Threshold Selection Method from Gray-Level Histogram*. IEEE Transaction on Systems, and Cybernetics SMC-9, 1, (1979)62-66.
- [2] J. Kittler, & J. Illingworth, *Minimum Error Thresholding*, Pattern Recognition 19, 1, (1986) 41-47.
- [3] J. Xue, & D. M. Titterton, *Median-based Images Thresholding*, Image and Vision Computing 29, (2011) 631-637.
- [4] J. Selan. (2005), GPU Gems 2, <URL: http://http.developer.nvidia.com/GPUGems2/gpugems2_chapter24.html>.
- [5] Liao, P., Chen, T., & Chung, P. "A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding". Journal of Information Science and Engineering 17, (2001) 713-727.
- [6] Huang, D., & Wang, C. "Optimal Multi-level Thresholding Using a Two-stage Otsu Optimization Approach". Pattern Recognition Letters 30, (2009) 275-284.
- [7] Sezgin, M., & Sankur, B. "Survey Over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation". Journal of Electronic Imaging 13, 1, (2004) 146-165.